第11講　工業的製法③

4　工業的製法

⑥Fe　　酸化鉄の還元

鉄鉱石の中でも，主に赤鉄鉱(Fe_2O_3)や磁鉄鉱(Fe_3O_4)を還元することにより単体の鉄を取り出す。

・鉄鉱石をコークスや石灰石とともに溶鉱炉に入れ，熱い空気を吹き込む。

⇒コークスが高温で燃えてCOになり，COの還元力で酸化鉄が還元される。

これにより得られる炭素含有率の高い鉄を銑鉄(せんてつ)という。

$$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2$$

$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$$

また，不純物のSiO_2は石灰石が分解してできたCaOと反応してスラグとなり，融解した銑鉄の上層に浮く。

・銑鉄を転炉に入れ，酸素を送り込んで加熱する。

⇒銑鉄に含まれていた炭素がCO_2として除去され，炭素含有率の低い鋼(こう)(鋼鉄(こうてつ))が得られる。

⑦Cu　粗銅の電解精錬

(1)　天然には主に黄銅鉱$CuFeS_2$として存在し，そこから粗銅を取り出す。

・黄銅鉱$CuFeS_2$をコークスと石灰石とともに溶鉱炉に入れ，強熱する。

⇒イオン化傾向が大きいFeが酸化されて酸化鉄となり，SiO_2と反応して$FeSiO_3$となって上層に浮き，CuはCu_2Sとなって炉の底にたまる。

$$2CuFeS_2 + 4O_2 + 2SiO_2 \longrightarrow Cu_2S + 2FeSiO_3 + 3SO_2$$

・Cu_2Sを転炉に入れて空気を通じて強熱する。

⇒これにより粗銅が得られる。

$$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2Cu_2O + 2SO_2$$

$$Cu_2S + 2Cu_2O \longrightarrow 6Cu + SO_2$$

(2)　粗銅を電解精錬する。

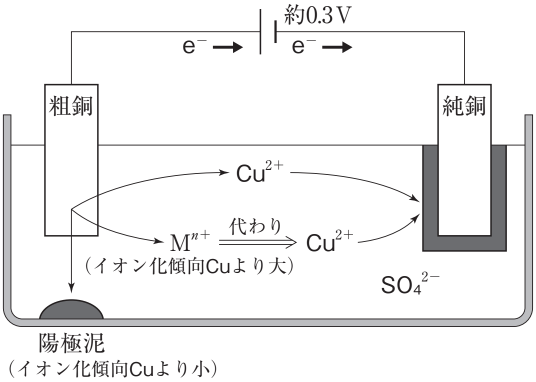
粗銅を陽極に，純銅を陰極に硫酸銅水溶液を電気分解する。

(＋) $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

不純物

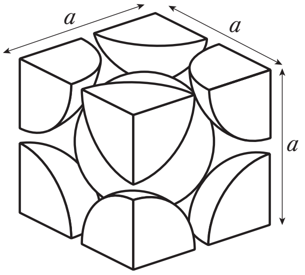
- イオン化傾向がCuより大→陽イオンとして溶け出す。ただし，Pbは$PbSO_4$として沈殿する。
- イオン化傾向がCuより小→陽極泥として陽極の下に沈殿する。

(－) $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$



第11講　演習問題

1　次の文章を読み，問1～7に答えよ。



鉄Feは，金属元素の中では13族に属する［(あ)］の次に地殻中に多く存在し，資源量が豊富である。また，比較的加工しやすい金属であるため，人類は古くから鉄をさまざまな形で利用してきた。鉄は，溶鉱炉内でコークスから発生する(i)一酸化炭素で鉄鉱石を還元して製造される。溶鉱炉で得られる鉄は［(A)］とよばれ，約4%の［(い)］や微量の不純物を含むため，もろい。［(A)］を転炉に移して酸素を吹き込み［(い)］を燃焼させて，［(い)］の質量比を0.04～1.7%にしたものは［(B)］とよばれる。

純粋な鉄Feは，図に示す一辺の長さ a〔cm〕の単位格子からなる結晶構造をとる。この構造は［(C)］格子とよばれ，その単位格子中には［(X)］個のFe原子が含まれる。

問1　［(あ)］，［(い)］に入る適切な元素を，元素記号で記せ。

問2　［(A)］～［(C)］にあてはまる適切な語句を記せ。

問3　［(X)］に入る数値を答えよ。

問4　下線部(i)において，赤鉄鉱Fe_2O_3から鉄Feが生成する反応の化学反応式を記せ。

問5　10gの鉄Feからなる金属結晶の体積〔cm^3〕を表す式として適切なものを次の(ア)～(キ)から選び，記号で記せ。ただし，Feのモル質量M〔g/mol〕，単位格子の一辺の長さa〔cm〕，アボガドロ定数N_A〔/mol〕とする。

(ア) $\dfrac{Ma^3}{5N_A}$　(イ) $\dfrac{N_Aa^3}{5M}$　(ウ) $\dfrac{5M}{N_Aa^3}$　(エ) $\dfrac{5N_Aa^3}{M}$

(オ) $\dfrac{5N_A}{Ma^3}$　(カ) $\dfrac{1}{5N_Aa^3M}$　(キ) $5N_Aa^3M$

問6　赤鉄鉱Fe_2O_3と磁鉄鉱Fe_3O_4のみからなる混合物100gを量りとり，空気中で質量が変化しなくなるまで加熱したところ，質量が2.0g増加した。反応前の混合物に含まれていたFe_3O_4の質量〔g〕を，有効数字2桁で求めよ。ただし，Fe_2O_3およびFe_3O_4の式量は160および232とする。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問7　次の記述(ク)～(セ)のうちから誤りを含むものをすべて選び，記号で記せ。

(ク)　硫酸鉄(Ⅱ)$FeSO_4$は水によく溶け，その水溶液は淡緑色をしている。この水溶液を酸性にし，過酸化水素水を加えると溶液の色は黄褐色に変化する。

(ケ)　硫酸鉄(Ⅱ)$FeSO_4$の水溶液に，過剰量のシアン化ナトリウムNaCNを加えると，6つのシアン化物イオンがFe^{2+}に配位結合した錯イオンが生成する。

(コ)　純粋な鉄Feは，希硝酸には水素を発生しながら溶けるが，濃硝酸中では表面が不動態化されるため溶けない。

(サ)　鉄FeにスズSnをめっきしたものはブリキとよばれる。SnはFeよりもイオン化傾向が大きいので，ブリキ表面が傷ついてもSnが陽イオンとなり溶け出すので，鉄はさびない。

(シ)　鉄FeとコバルトCo，亜鉛Znの合金はステンレス鋼とよばれ，さびにくく，家庭用品に広く用いられている。

(ス)　鉄Feの表面をあらかじめ酸化して不動態化し，さびにくくしたものはアルマイトとよばれる。

(セ)　鉄Feは，アンモニアを酸化して硝酸を製造するための触媒の主成分である。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2　次の文章を読み，問い(1)～(4)に答えよ。

遷移元素である銅の単体は，特有の赤色光沢をもち，展性や延性の大きな金属で，電気や熱の伝導性が大きく，導線などに広く利用される。工業的には，黄銅鉱などの原料となる鉱物からまず粗銅(不純物を含む銅)を得て，さらに純度の高い銅を製造する。

銅を空気中で熱すると，約1000℃以下では黒色の(　A　)を，約1000℃以上では赤色の(　B　)を生成する。

銅は希硫酸には溶けないが，酸化力の強い熱濃硫酸，(a)希硝酸，濃硝酸には，それぞれ気体を発生して溶ける。例えば，熱濃硫酸と反応させると，(　C　)，(　D　)および水を生成して溶ける。このうち，(　C　)は刺激臭をもつ無色の気体である。

(　D　)の水溶液から結晶を析出させると，(　D　)の五水和物である青色結晶が得られる。(　D　)の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると，青白色の(　E　)が沈殿する。この沈殿を含む水溶液を穏やかに加熱すると，沈殿は黒色の(　A　)に変化する。また，(　D　)の水溶液にアンモニア水を加えていくと，(b)いったん沈殿が生じた後，錯イオンを生じて溶け，深青色を呈する。一方，(　D　)の水溶液に硫化水素を通じると，黒色の(　F　)が沈殿する。

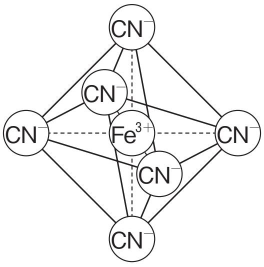
(1)　文中(　A　)～(　F　)に最も適する化合物名を記せ。

(2)　下線部(a)について，希硝酸および濃硝酸に銅が溶解する際の化学反応式を，それぞれ答えよ。

(3)　下線部(b)について，次の問いに答えよ。

(i)　沈殿が溶ける際の化学反応式を答えよ。

(ii)　生じた錯イオンの構造を下図にならって図示せよ。



正八面体型の錯イオンの構造の例

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(4)　銅の製法に関する実験について，次の文を読み，問い(i)～(v)に答えよ。

不純物としてニッケル，亜鉛，銀，鉛を含む粗銅板があり，銅板内のそれぞれの金属の物質量〔mol〕比は，Cu：Ni：Zn：Ag：Pb＝45.00：1.00：1.00：2.00：1.00であった。この(c)粗銅板を陽極，不純物を含まない純銅板を陰極とし，銅(Ⅱ)イオンの硫酸酸性水溶液を電解液に用いて，電気分解を行った。その際，2.00Aの直流電流を19分18秒間流した。

ただし，陽極，陰極いずれにおいても気体は発生せず，陽極表面に析出物は見られなかったが，陰極では銅のみが析出した。また，陽極内のそれぞれの金属の物質量〔mol〕比は，実験中に変化しないものとする。原子量は，O＝16，S＝32，Cu＝63.6，Ag＝108，Pb＝207とする。

(i)　下線部(c)と同様の方法を用いて，純度の高い銅が工業的に製造されている。この工業的製法の名称を答えよ。

(ii)　電気分解によって溶液中の銅(Ⅱ)イオンの物質量〔mol〕はどうなるか。「増加する」，「減少する」，「変化しない」のいずれかを記せ。

(iii)　実験後の純銅板の質量〔g〕は，実験前と比べていくら増加するか。有効数字3桁で求めよ。

(iv)　実験後，陽極の下に沈殿が見られた。この沈殿に含まれる物質の名称をすべて答えよ。

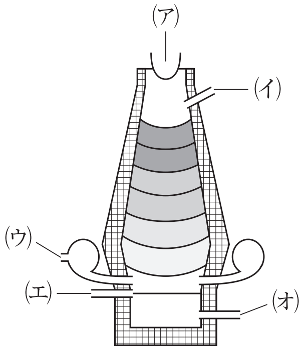
(v)　問い(iv)の沈殿の質量〔g〕はいくらか。有効数字3桁で求めよ。ただし，沈殿に含まれる物質の電解液への溶解は無視してよい。

第11講　確認テスト

1　次の文の空欄 1 ～ 13 に該当する最も適切なものを，それぞれの解答群から選べ。

単体の鉄Feは，鉄鉱石を還元してつくられる。原料の鉄鉱石には，主成分が 1 の赤鉄鉱や，主成分が 2 の磁鉄鉱がある。鉄Feは 3 族に属する元素で， 1 における鉄の酸化数は 4 であり， 2 の場合の酸化数は 5 である。

右図は，製鉄用溶鉱炉の模式図である。赤鉄鉱を原料として鉄をつくるときは，鉄鉱石と石灰石と 6 を図の 7 から投入して 1 を還元する。溶鉱炉から得られる鉄は 8 と呼ばれ，約4%の炭素と微量の不純物を含む。石灰石の熱分解で生じた 9 は，鉄鉱石中の不純物と反応し， 8 の上に浮かび 10 となる。 10 を除いた高温の 8 を図の 11 から取り出して転炉に移し， 12 を吹き込むと，炭素の含有量がおよそ0.04%～2%の 13 になる。



1 ～ 5 に対する解答群

① FeO　② FeO_2　③ Fe_2O_3　④ Fe_2O_4　⑤ Fe_3O_4
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ ＋1　⑪ ＋2　⑫ ＋3
⑬ ＋4　⑭ ＋2と＋3の混合状態　⑮ ＋3と＋4の混合状態

6 ， 8 ～ 10 ， 12 ， 13 に対する解答群

① $CaCO_3$　② CaO　③ $CaCl_2$　④ 黄銅　⑤ ケイ砂
⑥ 鋼　⑦ コークス　⑧ 酸化鉄　⑨ 酸素　⑩ 重油
⑪ 水素　⑫ ステンレス鋼　⑬ スラグ　⑭ 赤リン　⑮ 銑鉄
⑯ 窒素　⑰ 二酸化炭素

7 ， 11 に対する解答群

① (ア)　② (イ)　③ (ウ)　④ (エ)　⑤ (オ)

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第11講　演習問題

1

問1　(あ)　Al　(い)　C

問2　(A)　銑鉄　(B)　鋼(鋼鉄)　(C)　体心立方

問3　2

問4　$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$

問5　(エ)

問6　58g

問7　(サ)　(シ)　(ス)　(セ)

2

(1)　(A)　酸化銅(Ⅱ)　(B)　酸化銅(Ⅰ)　(C)　二酸化硫黄

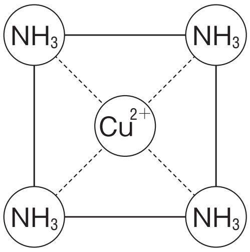
(D)　硫酸銅(Ⅱ)　(E)　水酸化銅(Ⅱ)　(F)　硫化銅(Ⅱ)

(2)　希硝酸：$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

濃硝酸：$Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

(3)　(i)　$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$

(ii)



(4)　(i)　電解精錬　(ii)　減少する　(iii)　0.763g

(iv)　銀，硫酸鉛(Ⅱ)　(v)　0.130g

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第11講　確認テスト

1

1　③　2　⑤　3　⑧　4　⑫　5　⑭　6　⑦　7　①

8　⑮　9　②　10　⑬　11　⑤　12　⑨　13　⑥

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。